

А.В. Руднев, М.Д. Узунян, д-р техн. наук, Харьков, Украина

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ УПРАВЛЕНИЯ ПРИ АЛМАЗНО-ИСКРОВОМ ШЛИФОВАНИИ СВЕРХТВЁРДЫХ МАТЕРИАЛОВ

Представлено рішення задачі управління, коли по необхідній кресленням шорсткості визначаються різні поєднання режимів обробки, які гарантують отримання необхідної якості поверхні. Результати дослідження перевірені при обробці надтвердих матеріалів методом алмазно-іскрового шліфування.

Ключові слова: шорсткість, режими обробки, алмазно-іскрове шліфування

Представлено решение задачи управления, когда по требуемой чертежом шероховатости определяются различные сочетания режимов обработки, которые гарантируют получения необходимого качества поверхности. Результаты исследования проверены при обработке сверхтвёрдых материалов методом алмазно-искрового шлифования.

Ключевые слова: шероховатость, режимы обработки, алмазно-искровое шлифование

Presented the solution to management tasks, when required by the drawing of roughness are determined by various combinations of processing modes, which guarantee obtaining the necessary surface quality. The study tested the processing of superhard materials by diamond-spark grinding.

Keywords: roughness, processing modes, diamond-spark grinding

Прогностические расчёты шероховатости обработанной поверхности

Шероховатость поверхности (микрогеометрическое качество) зависит от нескольких факторов, характеризующих условия обработки. При шлифовании наиболее значимыми принято считать параметры алмазного круга, режимы резания. Обычно, при проведении экспериментов варьируют входные факторы, находят общие уравнения, описывающие поведение системы. Затем по общим уравнениям и найденным выходным параметрам определяют условия, при которых они могут обеспечиваться. Это прямая задача, которую можно моделировать.

Более сложной является обратная задача, когда по требуемым конкретным выходным параметрам необходимо определить условия обработки, обеспечивающие эти значения. Такие задачи относятся к классу задач управления.

В технологии обработки шлифованием задачи управления могут быть сформулированы следующим образом: по заданной шероховатости поверхности установить параметры обработки, гарантирующие требуемое качество.

Теоретико-экспериментальные основания предлагаемого расчётного подхода

Для оценки потенциальной шероховатость обрабатываемой поверхности, необходимо знать развитость алмазных зёрен на поверхности круга. Развитость (разновысотность) алмазных зёрен будет отражена на обработанной поверхности. Если взять огибающую суммарных наложений режущих профилей круга в направлении вектора скорости резания, то её можно использовать как совокупную характеристику режущей поверхности круга. Фактически она представляет суммарный приведенный профиль круга. Характеристика суммарного приведенного профиля зависит от зернистости и концентрации круга.

При каждом обороте шлифовального алмазного круга и перемещении его вдоль направления продольной подачи ($S_{\text{прод}}$) приведенный профиль оставляет на обработанной поверхности определённый след. Количественные значения шероховатости обработанной поверхности будут получены в результате n соприкосновений перемещающегося приведенного профиля с обрабатываемой поверхностью. Число соприкосновений (контактов) круга с деталью n определяется частотой вращения круга ω , об/мин, скоростью продольной подачи $S_{\text{прод}}$, мм/мин и шириной рабочей поверхности круга b , мм:
$$n = \frac{b \cdot \omega}{S}$$
.

Приведём примеры значений числа встреч n для круга с шириной алмазоносного слоя $b=10$ мм:

при числе оборотов $\omega = 6000 \text{ об/мин}$ и продольной подаче $S_{\text{прод}} = 200 \text{ мм/мин}$ будем иметь $n = 300$;

при числе оборотов $\omega = 3000 \text{ об/мин}$ и продольной подаче $S_{\text{прод}} = 1000 \text{ мм/мин}$ - $n = 30$.

Можно считать в первом приближении, что при одном обороте круга (врезании без продольной подачи) оставленный на обрабатываемой поверхности след есть результат наложения всех профилей зёрен в различных сечениях круга, перпендикулярных вектору скорости резания. Этот след является как бы отпечатком суммарного приведенного профиля круга. Его наиболее удобно характеризовать средним квадратическим отклонением $\sigma_{\text{пр}}$ профиля. Среднее квадратическое отклонение является важнейшей характеристикой, предопределяющей шероховатость поверхности.

Таким образом, зная $\sigma_{\text{пр}}$ появляется возможность для различных сочетаний ω и $S_{\text{прод}}$ прогнозировать потенциальную шероховатость. Ранее были проведены специальные эксперименты по определению $\sigma_{\text{пр}}$ для твёрдого сплава Т15К6 и ТН-20 [1]. Оценка $\sigma_{\text{пр}}$ выполнялась для кругов зернистостью 63/50, 125/100 и 200/160, а также для различных значений

глубины внедрения в материал. После контакта твёрдосплавной пластинки с алмазным кругом, замерялся параметр R_z приведенного профиля, а затем рассчитывался параметр R_a по формуле $\lg R_z = 0,65 + 0,97 \cdot \lg R_a$. Значение σ_{np} определяется по формуле: $\sigma_{np} = 1,25 R_a$. Обработка результатов экспериментов позволила установить зависимость среднего квадратичного отклонения от зернистости алмазных кругов и глубины шлифования. Для твёрдого сплава Т15К6

$$\sigma_{np} = 1,25 \cdot z^{0,34} \cdot t^{0,4}$$

Для безвольфрамового твёрдого сплава ТН-20

$$\sigma_{np} = 1,51 \cdot z^{0,38} \cdot t^{0,3}$$

С нашей точки зрения, концентрация также влияет на величину σ_{np} . С учётом этого схема управления качеством поверхности при шлифовании будет иметь следующий вид (рис. 1).

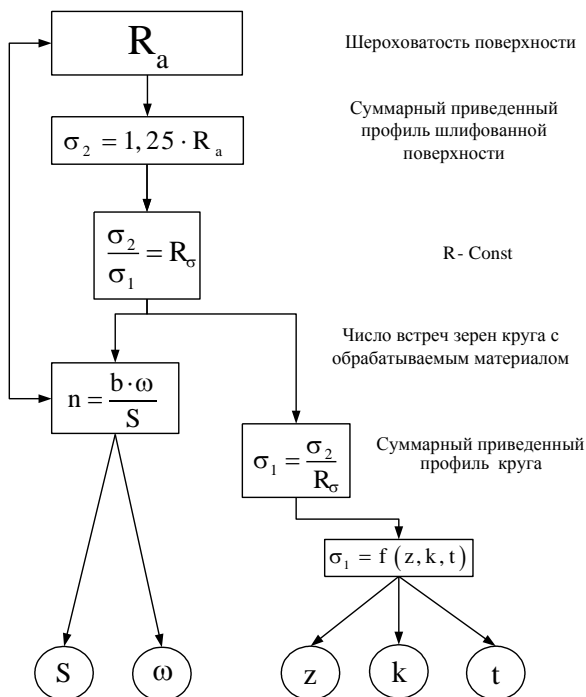


Рисунок 1 – Схема управления качеством обработанной поверхности при шлифовании

Представляет также интерес применимость данной теории при обработке сверхтвёрдых материалов.

В процессе экспериментов обрабатывались мелкозернистые алмазно-твердосплавные пластины (АТПМ) кругами зернистостью 50/40, 100/80 и 160/125 и концентрацией 2, 4, 6 при глубинах шлифования 0,005 мм, 0,008 мм и 0,011 мм. Затем с помощью профилографирования оценивалась величина $\sigma_{пр}$ и была установлена зависимость стандартного отклонения суммарного профиля от зернистости, концентрации алмазов круга и глубины шлифования для пластин АТПМ:

$$\sigma_{пр} = 3,112 \cdot z^{1,477} \cdot t^{0,881} \cdot k^{-0,93}$$

Таким образом, имея возможность для различных кругов и глубин шлифования находить $\sigma_{пр}$, можно для любой требуемой шероховатости по значению $\sigma_{пр}$ выявить различные варианты обработки, т.е. найти необходимое число контактов n круга с обрабатываемой поверхностью. Но поскольку одинаковые числа контактов, как уже отмечалось, может быть обеспечено при различных сочетаниях числа оборотов круга ω (скорость резания V) и продольной подачи $S_{прод}$ и при этом будет получена одинаковая шероховатость, то представляется возможным и удачным графически получить номограммы, где показаны линии равной шероховатости (рис. 2). С помощью рис. 2 можно определять различные технологические факторы, обеспечивающие требуемую шероховатость поверхности.

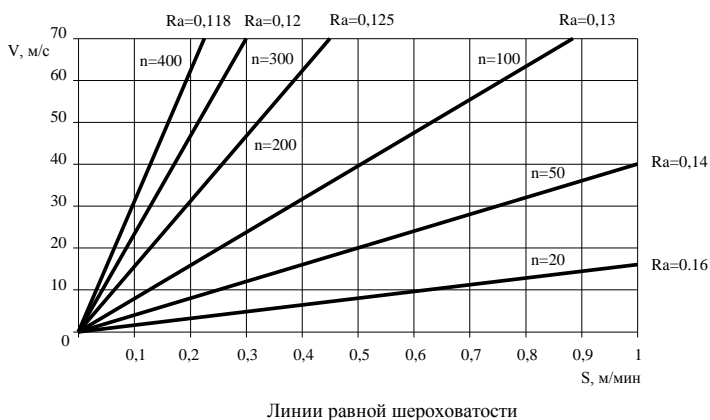


Рисунок 2 – Зависимость шероховатости обработанной поверхности от числа встреч. Условия обработки: круг 100/80, $t=0,008$ мм

Для проверки высказанных положений были проведены специальные эксперименты по определению шероховатости поверхности для различных сочетаний скорости резания V , м/с и продольной подачи $S_{\text{прод}}$, м/мин, но при одинаковом числе контактов поверхности круга с материалом n . Результаты экспериментов представлены на рис. 3. Как видно, расчётное значение шероховатости практически не отличается от значений, полученных при шлифовании пластины на различных режимах при одинаковом числе контактов n .

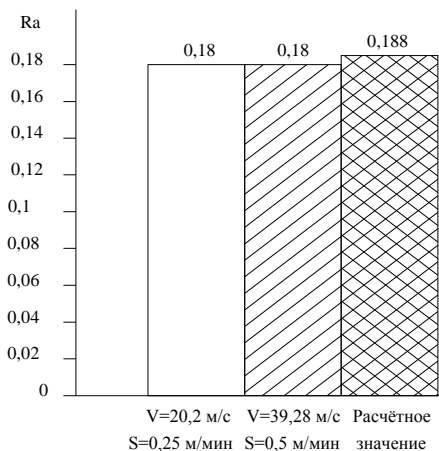


Рисунок 3 – Шероховатость обработанной поверхности при различных сочетаниях скорости резания V м/мин и продольной подачи S м/мин, но при одинаковом числе контактов n

Выводы

Использование положения о постоянстве отношения среднеквадратических отклонений микронеровностей поверхности и приведенного суммарного профиля круга σ_2/σ_1 при проектировании процессов высоких технологий является весьма перспективным, так как позволяет с высокой точностью спрогнозировать потенциальную шероховатость поверхности, либо по заданной шероховатости определить необходимые параметры круга и режимов резания, что доказано экспериментально.

Список использованных источников: 1. Узунян М.Д., Глухов А.Б. Исследование корреляционной функции ординат приведенного профиля алмазного круга // Резание и инструмент. – 1998. – Вып. 52. – С. 243-250.

Bibliography (transliterated): 1. Uzunjan M.D., Gluhov A.B. Issledovanie korrelyatsionnoj funkicii ordinat privedenogo profilja almaznogo kruga // Rezanie i instrument. – 1998. – Vyp. 52. – S. 243 - 250.